Vol.12, No.1, Spring 2023, pp.171-188 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/geoeh.2022.75218.1174 Open access

Reconstruction of Holocene Climate Changes in Southwestern Iran using Modern Pollen Rain Analysis

Mahmoud Davoudi[a*], Mohammad Amin Moradi Moghaddam[b]

[a] *Assistant Professor in Climatology, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, University of Guilan, Rasht, Iran*

[b] *PhD in Climatology, University of Tehran, Tehran, Iran*

Received: 18 February 2022 ***Revised: 2 March 2022*** ***Accepted: 4 April 2022***

Abstract

The basis of estimating the future climate is the evidence of today's climate. The more stable the evidences, the more accurate the perceptions will be. Reconstructing the past climate of hundreds to millions years ago, paleoclimatology can help reconstructing the future climate. In this research, 120 surface samples were used to analyze modern pollen rain and determine the relationship between pollen and climatic variables. Extraction of pollen from surface samples was done using a combination of standard methods of Faegri and Iverson (1975) and Moore et al. (1991). To reconstruct climatic variables, MAT method in PAST software was used as an environmental transfer function. By implementing the results of modern pollen rain analysis on the fossil pollens of Parishan Lake, the climatic variables of the region were reconstructed during the Holocene. The results showed that since about 10,000 years ago, temperature and precipitation have fluctuated a lot in southwest Iran. At this time, the rainfall fluctuated between 316 and 750 mm. There has been three periods of heavy rainfalls in southwest Iran: 8000-9500, 6200-6800, and 2200-4500-years ego. In all the periods, the rainfall average had been more than today's rainfall average. The minimum rainfall was 550 and the maximum was 750 mm. In all the periods with an increase in precipitation, the temperature has decreased, and there is a strong inverse relationship between them; the greater the decrease of temperature, the greater the increase of precipitation. The decrease of temperature in the Holocene occurred at least up to 19 degrees Celsius and increased up to 26 degrees at the maximum. The temperature increase that matches with the decrease of precipitation occurred in three periods: The early Holocene to 9500 years ago, 6800-8000 years ago, and 4500-6200 years ago.

Keywords: Paleoclimate, MAT, Palynology, Temperature-precipitation Changes, Holocene

---

* Corresponding author: Mahmoud Davoudi E-mail: m.davudi62@gmail.com Tel: + 989125910074

How to cite this Article: Davoudi, M., & Amhadmorad Moghaddam, M. A. (2023). Reconstruction of Holocene climate change in southwestern Iran using modern pollen rain analysis. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *12*(1). 171-188

DOI: 10.22067/geoeh.2022.75218.1174

Geography and Environmental Hazards
Volume 12, Issue 1 - Number 45, Spring 2023
https://geoeh.um.ac.ir
https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75218.1174

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شمارۀ چهل و پنجم، بهار ۱۴۰۲، صص ۱۸۸-۱۷۱

مقاله پژوهشی

بازسازی تغییرات اقلیمی هولوسن در جنوب غرب ایران با استفاده از «واکاوی بارش گرده معاصر[۱]»

محمود داودی[۲]- استادیار گروه جغرافیای دانشگاه گیلان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
محمدامین مرادی‌مقدم- دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۱۱ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱/۱۵

چکیده

مبنای درک آب‌وهوای آینده شواهد آب‌وهوایی امروز هستند و هرقدر این شواهد طولانی‌تر باشد می‌توان درک دقیق‌تری از تغییرات آب‌وهوایی آینده داشت. آب و هواشناسی دیرینه با بازسازی آب‌وهوای گذشته بین صدها تا میلیون‌ها سال گذشته می‌تواند کمک مؤثری در بازسازی اقلیم آینده داشته باشد. در این پژوهش برای انجام تحلیل گرده معاصر و درک روابط بین گرده‌ها و متغیرهای اقلیمی از تعداد ۱۲۰ نمونه سطحی استفاده شد. استخراج گرده‌ها از نمونه‌های سطحی با استفاده از ترکیبی از روش‌های استاندارد فائگری و ایورسن[۳]، ۱۹۷۵ و مورر[٤] و همکاران، ۱۹۹۱ انجام شد. برای بازسازی متغیرهای اقلیمی نیز از روش MAT در نرم‌افزار PAST به‌عنوان تابع انتقال محیطی استفاده شد. بدین‌صورت که با پیاده‌سازی نتایج تحلیل بارش گرده‌ای معاصر بر روی گرده‌های فسیل دریاچه پریشان، متغیرهای اقلیمی منطقه در هولوسن بازسازی شد. نتایج نشان داد از حدود ۱۰ هزار سال قبل در جنوب غرب ایران دما و بارش دارای نوسانات زیادی بوده‌اند. در این زمان بارش بین ۳۱٦ تا ۷۵۰ میلی‌متر نوسان داشته است که در سه مقطع زمانی ۹۵۰۰-۸۰۰۰، ٦۸۰۰-٦۲۰۰ و ٤۵۰۰-۲۲۰۰ سه دوره پر بارش در جنوب غرب ایران بوده است. در

---

1 modern pollen rain

۲ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۵۹۱۰۰۷٤
Email: m.davudi62@gmail.com

3 Faegri and Iverson
4 Moore

نحوه ارجاع به این مقاله:

داودی، محمود؛ مرادی مقدم، محمدامین؛ ۱۴۰۲. بازسازی تغییرات اقلیمی هولوسن در جنوب غرب ایران با استفاده از «واکاوی بارش گرده معاصر». *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۲(۱). صص ۱۸۸-۱۷۱

https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75218.1174

تمامی این سه دوره بارش بیش از میانگین امروز بوده است و حداقل بارش ۵۵۰ و حداکثر ۷۵۰ میلی‌متر بوده است. در تمامی دوره‌های با افزایش بارش دما نیز کاهش داشته است و رابطه معکوس قوی بین آن‌ها وجود دارد و هرقدر میزان کاهش دما بیشتر بوده میزان افزایش بارش نیز بیشتر بوده است. کاهش دما در هولوسن حداقل تا ۱۹ درجه سلسیوس رخ داده و حداکثر نیز تا ۲۶ درجه افزایش داشته است. افزایش دما که مصادف با کاهش میزان بارش است، در سه دوره رخ داده که شامل اوایل هولوسن تا ۹۵۰۰ سال پیش، ۶۸۰۰–۸۰۰۰ سال قبل و ۶۲۰۰–۴۵۰۰ سال قبل است.

کلیدواژه‌ها: آب و هواشناسی دیرینه، MAT، گرده‌شناسی، تغییرات دما–بارش، هولوسن.

۱–مقدمه

آگاهی از تغییرات محیطی گذشته نه‌تنها زمینه‌ای را برای مطالعه تغییرات حال و آینده فراهم می‌سازد، بلکه ما را در شناسایی مکانیسم‌های طبیعیِ مؤثر در تغییرپذیری‌های آب‌وهوایی یاری می‌رساند (ترون[1]، ۲۰۰۶). امروزه تغییر اقلیم به مبحثی مهم در سراسر دنیا تبدیل شده و داشتن تصویری هرچند کلی از شرایط آب‌وهوایی در آینده بسیار مهم است. مبنای درک آب‌وهوای آینده، شواهد آب‌وهوایی امروز هستند و هرقدر این شواهد طولانی‌تر باشند می‌توان درک دقیق‌تری از تغییرات آب‌وهوایی آینده داشت. متأسفانه داده‌های هواشناسی ثبت شده آنقدر طولانی نیستند که با استفاده از آن‌ها، بتوان آب‌وهوای طولانی‌مدتی را پیش‌بینی کرد. آب و هواشناسی دیرینه با بازسازی آب‌وهوای گذشته بین صدها تا میلیون‌ها سال گذشته این خلأ را تا حدودی پر کرده و می‌تواند با بازسازی عناصر آب‌وهوایی گذشته در پیش‌بینی الگوهای آب‌وهوایی آینده کمک کننده باشد (داودی و همکاران، ۱۳۹٤).

پیشرفت‌های اخیر در زمینه بازسازی مقادیر کمی متغیرهای محیطی منجر به گسترش وسیع تکنیک‌های بازسازی طولانی‌مدت گذشته بر مبنای فسیل‌ها شده است. در این تکنیک‌ها معمولاً اجتماع فسیل‌ها با استفاده از توابع ریاضی به مقادیر کمی متغیرهای محیطی منتج می‌شود (جیانگ[2]، ۲۰۱۰؛ ژانگ[3]، ۲۰۰۷). یکی از ابزارهای عالی برای بازسازی شرایط محیطی و اقلیمی گذشته پالینولوژی است که می‌توان با استفاده از آن شرایط محیطی گذشته و دوره‌های مرطوب– خشک و سرد–گرم را بازسازی کرد. مطالعات «بارش گرده معاصر» در زمینه آب و هواشناسی دیرینه کاربرد زیادی دارد (گومز[4] و همکاران، ۲۰۲۱) و با استفاده از آن می‌توان مقادیر کمی متغیرهای اقلیمی گذشته را بر اساس مطالعات پالینولوژی تعیین کرد.

1 Theron
2 Jiang
3 Zhang
4 Gomes

به دلیل پیچیدگی‌های حاکم بر شرایط اقلیمی دوره هولوسن، مطالعات گسترده‌ای در سراسر جهان برای شناسایی و درک تغییرات اقلیمی این دوره صـــورت‌پذیرفته اســت. ازجمله مطالعات اخیر در ایران در مورد تغییرات اقلیمی هولوسن این موارد هستند:

قربانی (۱۳۹٦) با بررسی تغییرات اقلیمی کواترنر پایانی بیان می‌کند که در دوره‌های یخچالی و یخبندان، سـرزمین ایران شرایط سرد و خشکی داشته و بلعکس در دوره‌های بین‌یخچالی و بین‌یخبندان، شرایط گرم و مرطوب تا نسبتاً گرم و مرطوبی حاکم بوده است. نتایج پژوهش عزیزی و داودی، ۱۳۹۸، سبک خیز و همکاران، ۱۳۹۸، صفایی راد و همکاران، ۱۳۹۷ نیز تأیید کننده این مورد است. داودی و همکاران (۱۳۹۳) و عزیزی و همکاران، ۱۳۹۲ با بررسی‌های پالینولوژیکی به کاهش رطوبت در دوره‌های ســـرد و افزایش آن در دوره‌های گرم اشـــاره می‌کنند (داودی، ۱۳۹۳). مطالعات خارجی در مورد تغییرات اقلیمی ایران نیز نتایج مشـابهی دارد. نتایج این مطالعات نیز از اقلیم ایران نشـان داد که اقلیم ایران در اواخر هولوسن خشک‌تر از اواسط هولوسن، در دوره‌های سرد دارای رطوبت کمتری بوده و اواسط هولوسن رطوبت بیشتری نسبت به شروع هولوسن و اواخر آن داشته است (جونز[1] و همکاران، ۲۰۱۳؛ اشمیت[2] و همکاران، ۲۰۱۰؛ کهل[3]، ۲۰۰۹؛ اندرو[4] و همکاران، ۲۰۲۰؛ طالبی[5] و همکاران، ۲۰۱٦).

اما در مورد بارش گرده معاصر و ارتباط آن با تغییرات اقلیمی کار چندانی در ایران انجام نشده است و می‌توان به کار مردای مقدم و همکاران، ۱۳۹۹ اشـاره کرد که با اسـتفاده از گرده‌های فسـیل دریاچه زریبار و اسـتفاده از تکنیک بارش گرده معاصـر دما و بارش دوره پلیئسـتوسـن را بازسـازی کرده‌اند. نتایج آن‌ها نشـان داد که در این دوره دما ٥-٤ درجه سلسیوس سردتر و بارش ۲۰٪ کمتر از شرایط امروز بوده است. اما در دنیا این نوع مطالعات رواج زیادی داشته که از آن جمله به این موارد می‌توان اشاره کرد:

مطالعه شـن[6] و همکاران ۲۰۰٦ در فلات تبت نشـان داد که بارش سـالانه و دمای جولای متغیرهای اصـلی کنترل کننده بارش گرده‌های معاصر در منطقه هستند. هویوآن[7] و همکاران ۲۰۱۱ با استفاده از برداشت ۱۲۰۲ نمونه سطحی از ارتفاع ۱۰ تا ٥٥۰۰ متری، متغیرهای اقلیمی هولوســـن را در فلات قینقای-تبت[8] بازســـازی کردند و چنگ[9] و همکاران، ۲۰۲۰ نیز با برداشت ۸٤ نمونه سطحی در شبه‌جزیره مالای[10] و بررسی بارش گرده معاصر به وجود ارتباط قوی بین عناصر محیطی با جوامع گیاهی اشاره کردند.

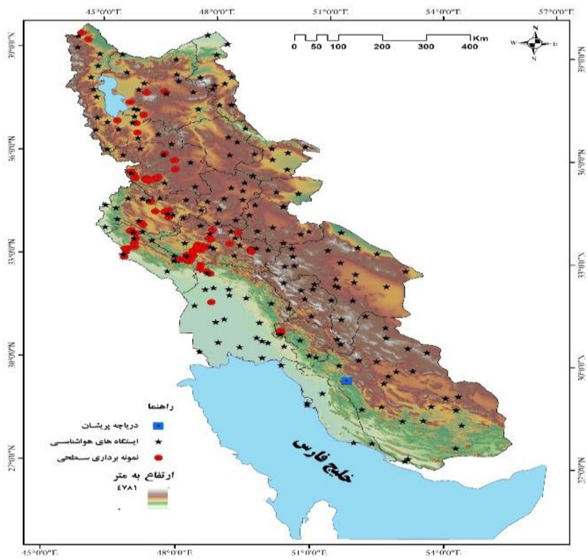
1 Jones
2 Schmidt
3 Kehl
4 Andrew
5 Talebi
6 Shen
7 Houyuan
8 Qinghai-Tibetan Plateau
9 Cheng
10 Malay

شـــناســـایی ارتباط بین اجتماع‌های گرده‌های نمونه‌های ســـطحی و نوســـانات متغیرهای اقلیمی در مرحله اول و بازسازی متغیرهای اقلیمی هولوسن با استفاده از گرده‌های فسیل دریاچه پریشان و ارتباط آن با نمونه‌های معاصر در مرحله دوم از اهداف این پژوهش است.

۳-مواد و روش تحقیق

۳-۱- منطقه موردمطالعه

پهنهٔ رویشی زاگرس وسیع‌ترین و اصلی‌ترین رویشگاه گونه‌های مختلف بلوط در ایران بوده و به همین دلیل این منطقه از اهمیت بسیار ویژه‌ای برخوردار است. جنگل‌های زاگرس با گستردگی در ۱۱ استان کشور با ۵ میلیون هکتار مســـاحت، ٤٠ درصـــد جنگل‌های ایران را تشـــکیل می‌دهند (صـــالحی و همکاران، ۱۳۹۳). بارندگی این ناحیه در ایستگاه‌های موجود از ٦٠٠ میلی‌متر در قسمت‌های شمالی تا ۳۰۰ میلی‌متر در جنوب غرب در نوسان است. اقلیم جنوب غرب ایران بیشـــتر تحت تأثیر ســـه عامل بارش، دما و رطوبت نســـبی اســـت که می‌توان از بارش به‌عنوان اصلی‌ترین عامل تأثیرگذار نام برد. بر اساس نوع اقلیم این منطقه را می‌توان به سه ناحیه تقسیم‌بندی کرد: اول ناحیهٔ گرم و مرطوب که بخش‌های زیادی از استان بوشهر و خوزستان را در بر می‌گیرد و شامل سواحل خلیج‌فارس است؛ دوم ناحیهٔ گرم و خشک و کم بارش که بخش‌های زیادی از استان فارس در این محدوده جای می‌گیرد و ناحیهٔ سوم ســرد و پربارش که شـــمال ارتفاعات زاگرس (ارتفاعات اســـتان چهارمحال و بختیاری، ایلام، لرســـتان و کهکیلویه و بویراحمد) را شامل می‌شود (نظری پور و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه همراه با نمونه‌های سطحی و فسیل برداشت شده و ایستگاه‌های هواشناسی

۳-۲- جمع‌آوری و شمارش گرده‌های نمونه‌های سطحی

برای انجام تحلیل بارش گرده معاصر ابتدا نیاز به برداشت نمونه‌های سطحی است که در این پژوهش تعداد ٦٠ نمونه سطحی از منطقه موردمطالعه از ارتفاعات پایین تا ارتفاعات بالا برداشت شد. با هدف افزایش تعداد نمونه‌های سطحی و افزایش دقت کار، نمونه‌های برداشت شده رایت و همکارانش در سال ۱۹٦۷ نیز به این داده‌ها اضافه شد؛ درنهایت تعداد ۱۲۰ نمونه سطحی برای انجام تحلیل گرده معاصر استفاده شد (شکل ۱).

برداشت نمونه‌های سطحی از استان‌های خوزستان، کهکیلویه و بویر احمد، لرستان، ایلام و کردستان انجام شد. برداشت نمونه‌های سطحی بدین روش انجام شد که پس از انتخاب محدوده‌های ۱۰*۱۰ متر از ۵ قسمتِ محدوده‌ها شامل چهارگوشه و وسط آن‌ها نمونه برداشت شد. میزان برداشت این نمونه‌ها ابعاد ۱۵*۱۵ سانتی‌متر و به عمق ۱ سانتی‌متر بود که درنهایت از مخلوط کردن ۵ نمونه، نمونه نهایی برای هر محدوده فراهم گردیده و اطلاعات محیطی شامل ارتفاع و طول و عرض جغرافیایی این محدوده‌ها توسط GPS ثبت شد. برای داشتن آگاهی کلی از وضعیت پوشش گیاهی و گونه‌های موجود در هر نمونه از هر مکان نمونه‌برداری یک عکس گرفته شد. پس از انتقال نمونه‌های سطحی به آزمایشگاه ابتدا با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ٢٤ ساعت نمونه‌ها خشک شده و پس از کوبیده شدن از الک با مش یک میلی‌متری عبور داده شد (مردای مقدم، ۱۳۹۹). برای تطبیق اطلاعات اقلیمی نمونه‌های گرده‌ای معاصر به نمونه‌های فسیل دریاچه پریشان ابتدا باید مقادیر متغیرهای اقلیمی را برای هر ترکیب گرده‌ای محاسبه کرد. در واقع هر نمونه سطحی حاوی تعدادی گرده خاص است که نوع پوشش گیاهی مکان نمونه‌برداری را نمایان می‌کند؛ با توجه به برداشت نمونه‌های سطحی از ارتفاعات پایین تا ارتفاعات بالای منطقه و نبود ایستگاه‌های هواشناسی در ارتفاعات بالا، از تکنیک‌های رگرسیونی و درونیابی برای تعیین متغیرهای اقلیمی استفاده شد. پس از تعیین متغیرهای اقلیمی در مکان نمونه‌برداری با استفاده از تکنیک‌های نمونه‌برداری در محیط GIS مقادیر دما و بارش برای هر ترکیب گرده‌ای معاصر استخراج شده و سپس این مقادیر به ترکیب‌های گرده‌ای فسیل تعمیم داده شد.

برای شناسایی گرده‌های مغزه از رفرنس‌های معتبر اینترنتی، مقالات و کتاب‌های موجود استفاده شد (وفادار[1] و همکاران، ۲۰۱۰؛ دمسکه[2]، ۲۰۱۳؛ روبیک[3]، ۲۰۰۳؛ حسه[4] و همکاران، ۲۰۰۹؛ و سایت گرده‌شناسی استرالیا، آریزونا و سان فرانسیسکو، داودی و همکاران، ۱۳۹٤). درمجموع برای نمونه‌های سطحی برداشت شده و نمونه‌های رایت[5] و همکاران (۱۹٦۷) تعداد ۵۸ نوع گرده شناسایی و شمارش شد.

---

1 Vafadar
2 Vafadar
3 Roubik
4 Hesse
5 Wright

۳-۳-روش مورد استفاده برای بازسازی کمّی متغیر های اقلیمی

برای بازســـازی متغیرهای اقلیمی در این مطالعه از روش MAT[1] در نرم‌افزار PAST به‌عنوان تابع انتقال محیطی استفاده شد. این روشی برای بازسازی متغیرهای محیطی گذشته با استفاده از تجمع گیاهان و جانوران است. در واقع این روش بین اجتماع جانداران نمونه‌های سطحی به دنبال نمونه‌هایی است که کمترین مقادیر عدم تشابه را با گرده نمونه فسیل داشته باشد. سپس میانگین متغیرهای محیطی وابسته به این «نمونه‌های جدید» را به نمونه گرده فسیل نسبت می‌دهد (بارتلین[2] و همکاران، ۲۰۱۱).

در فرایند تحلیل روش MAT باید اثر ارتباط خطی بین متغیرهای محیطی را از بین برد که برای این کار از عامل تورم واریانس (VIF[3]) کمک گرفته شد. چنانچه VIF بین دو متغیر بالاتر از ۱۰ باشد، نشان دهندهٔ ارتباط خطی بین آن دو متغیر است؛ بنابراین یکی از آن‌ها در تحلیل‌ها حذف می‌شود (مرادی مقدم، ۱۳۹۹). نتایج VIF نشان داد بین دمای سالیانه و دمای تابستان و زمستان ارتباط خطی قوی وجود دارد؛ ازاین‌رو تنها دمای سالیانه در تحلیل‌ها استفاده شد. همچنین ارتباط بالای بین بارش سالیانه و بارش فصل زمستان باعث شد که در متغیر بارش نیز فقط از بارش سالیانه و بارش بهار برای بازسازی متغیر بارش گذشته در نمونه‌های فسیل دریاچه پریشان استفاده شود (جدول ۱).

جدول ۱- عامل تورم واریانس بین ۸ متغیر محیطی

	ELV	MAT	MST	MWT	MAP	MWP	MSP	MSPP
ELV	۱	*	*	*	*	*	*	*
MAT	٦/٩٣	۱	*	*	*	*	*	*
MST	٨/١٣	٨٥٣/٣٧	۱	*	*	*	*	*
MWT	٥/٥٨	١٤٠/٩٣	١٤٠/٩٣	۱	*	*	*	*
MAP	١/٠٥	١/٠٥	١/٠٤	١/٠٥	۱	*	*	*
MWP	١/٠١	١/٠١	١/٠١	١/٠١	١١/٩	۱	*	*
MSP	١/١	١/١٨	١/١	١/١٨	١/٠٣	١/١	۱	*
MSPP	١/٠٩	۱	۱	١/٢٥	٢/١٥	١/٥٣	۱	۱

1 modern analog technique
2 Bartlein
3 variance inflation factors

۳-٤- سن‌سنجی

برای سن‌سنجی مغزه رسوبی دریاچه پریشان از روش رادیوکربنی۱٤[1] استفاده شد. بدین‌صورت که چهار نمونه از اعماق ۱٦٥، ٤۰۰، ۷۰۰ و ۸٤٥ سانتیمتری برداشت و به آزمایشگاه تعیین سن رادیوکربنی میامی[2] آمریکا ارسال و سن این نمونه‌ها به صورت کالیبره شده دریافت شد. با توجه به نرخ رسوبگذاری متفاوت در دوره‌های مختلف سرد و گرم در دریاچه پریشان، روش‌های آماری مختلف برای تخمین سن مغزه بر اساس چهار نمونه سن‌سنجی شده امتحان شده و درنهایت از روش‌های کمترین مربعات و رگرسیونی با استفاده از چند جمله‌ای درجه سوم داده‌های سن‌سنجی به کل مغزه رسوبی تعمیم داده شد.

٤- نتایج و بحث

٤-۱- تعیین شرایط اقلیمی

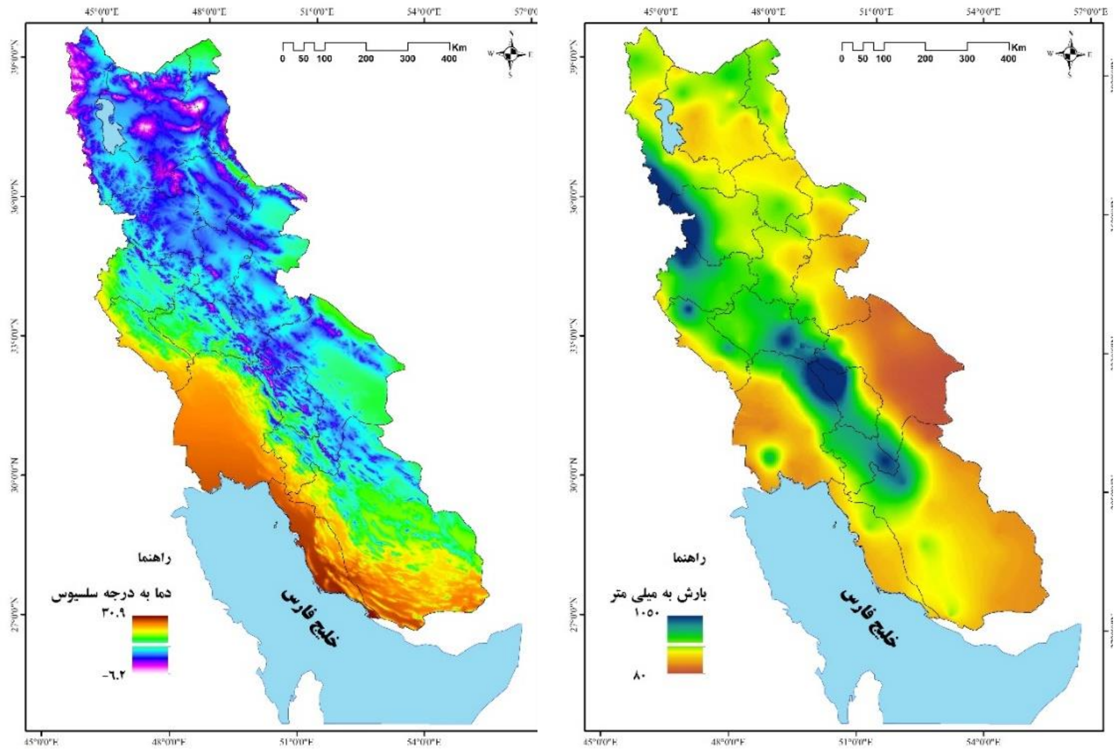
بعد از انجام کارهای آزمایشگاهی و شمارش گرده‌ها، ترکیبِ گرده‌ای هر محدوده تعیین شد. این ترکیب‌های گرده‌ای که معرف نوع پوشش گیاهی آن منطقه است، هر کدام در شرایط آب‌وهوایی متفاوتی ایجاد شده است. ازاین‌رو برای درک شرایط آب‌وهوایی هر ترکیب گرده‌ای لازم است تا میزان متغیرهای آب‌وهوایی در محدوده مناطق نمونه‌برداری شده را داشته باشیم. از آنجا که مقادیر هواشناسی به صورت نقطه‌ای ثبت می‌شود و معمولاً در ارتفاعات بالا نیز ایستگاه‌های هواشناسی نداریم، برای رسیدن به این هدف باید از روش‌های رگرسیونی و درونیابی استفاده کنیم. در این راستا از تعداد ۱۹٥ ایستگاه هواشناسی با طول آماری ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷ استفاده شد (شکل ۱).

برای بررسی وجود ارتباط بین فاکتورهای ارتفاع و عرض جغرافیایی بر دما و بارش منطقه از مدل رگرسیونی خطی استفاده شد. نتایج مدل رگرسیون خطی برای دما معنادار بود به گونه‌ای که ضریب تعیین برای هر سه حالت دمای سالانه، دمای تابستان و زمستان بالای ۹۰٪ بود که نشان می‌دهد مدل برازش خوبی داشته و حداقل ۹۰٪ تغییرات دما توسط ارتفاع و عرض جغرافیایی توجیه می‌شود. همچنین میزان P-value نیز کمتر از ۰.۰٥ بود (جدول ۲) که نشان دهندۀ وجود همبستگی قوی بین متغیرهای مستقل و وابسته است. اما این مدل برای بارش معنادار نشد و برای ایجاد لایه رستری بارش از روش‌های درونیابی استفاده گردید.

برای درونیابی بارش با توجه به وسعت و توپوگرافی منطقه از روش زمین آمار کریجینگ استفاده شد. بررسی‌های اکتشافی داده‌های بارش نشان داد که این داده نرمال نیستند؛ ازاین‌رو از طریق روش لگاریتمی نرمال شد. همچنین بررسی روند داده‌های بارش نشان داد که بارش‌ها دارای روند کاهشی غرب به شرق و روند افزایشی جنوب به شمال هستند؛ بنابراین برای حذف روند در انجام درونیابی نیز از معادله درجه سوم که کمترین میزان خطا را داشت استفاده

1 carbon-14 dating
2 Miami, Florida 33155 USA

شد. درنهایت با انجام تنظیمات مختلف روش کریجینگ تا حد امکان از میزان خطا کاسته شده و لایه بارش درونیابی شد (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه بارش و دمای سالانه منطقه موردمطالعه

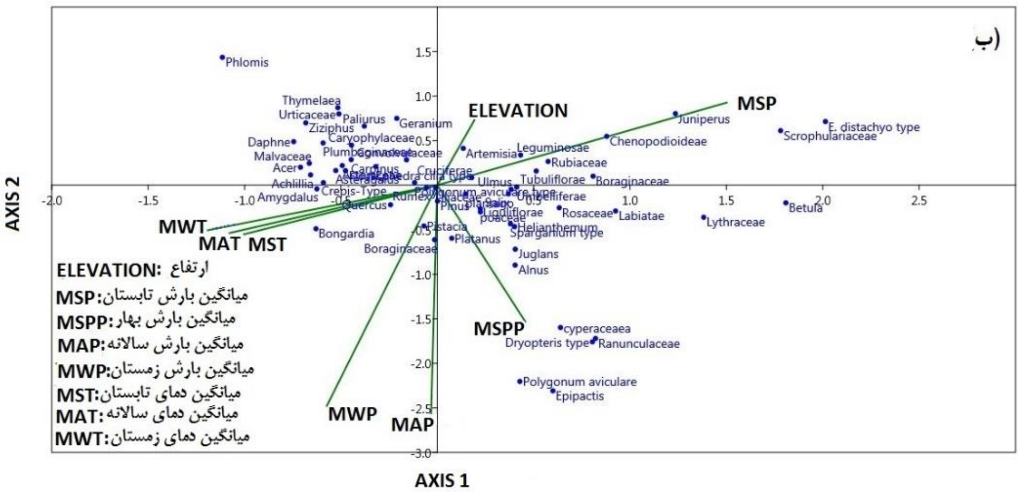
جدول ۲- روابط همبستگی بین دو متغیر ارتفاع و عرض جغرافیایی با دما

ردیف	دوره	R^2	Significance F	P-Value	معادله خط وایازی
۱	سالیانه	۹۵	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰	$Y = -0.9439 * Y_{cordinte} - 0.00557 * elevation + 56.537$
۲	زمستان	۹۷	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰	$Y = -1.067 * Y_{cordinte} - 0.00537 * elevation + 48.677$
۳	تابستان	۹۱	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰	$Y = -0.837 * Y_{cordinte} - 0.00551 * elevation + 64.58$

٤-۲-تحلیل ارتباط بین ترکیب‌های گرده‌ای نمونه‌ها و متغیرهای اقلیمی

در این پژوهش برای مطالعه ارتباط بین ترکیب‌های گرده‌ای با متغیرهای محیطی از تحلیل همبستگی کانونی (CCA) استفاده می‌گردید. نتایج تحلیل نشان داد که دما بیشتر از بارش بر روی گرده‌ها تأثیر داشته است. گرده‌هایی مانند Quercus، Pistacia، Artemisia، Poaceae که به مرکز نمودار نزدیک هستند از هر دو عامل دما و بارش تقریباً به‌طور مساوی تأثیر پذیرفته‌اند. Chenopodiaceae که در سمت راست و بالا قرار دارد نشان می‌دهد که در شرایط خشک و گرم بهتر رشد می‌کند و phlomis که در سمت چپ و بالای نمودار قرار دارد نشان‌دهنده علاقه به شرایط زیستی سرد و خشک در محل رویش است. بارش فصل بهار بر گرده‌های Juglans, Cyperacea، Platanus، Alnus و Poacea تأثیر دارد.

مقادیر ویژه برای دو محور اول CCA برابر با $\lambda_1 = 0.244$ و $\lambda_2 = 0.193$ و همبستگی بین متغیرهای محیطی و گرده‌های گیاهی برای این محورها برابر با (۰/۷۳ و ۰/۷۱۹) است که نشان‌دهنده رابطه معنی‌دار بین توزیع ۵۸ نوع گرده و ۸ متغیر محیطی است.



شکل۳- تحلیل همبستگی کانونی (CCA) روابط بین ۵۸ نوع گرده و متغیرهای اقلیمی (Eigenvalues: (λ1=0.285, λ2=0.180.

٤-۳- بازسازی بر اساس توالی گرده های فسیل دریاچه پریشان

پریشان یکی از بزرگ‌ترین دریاچه‌های آب شیرین ایران در شهرستان کازرون استان فارس واقع شده است که امروزه به علت عوامل مختلف ازجمله خشکسالی، حفر چاه‌های غیرمجاز و برداشت بیش از حد ظرفیت از آب چاه‌های پیرامون دریاچه (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۵) تقریباً خشک شده و در فصول مختلف میزان آب مختلفی دارد.

این دریاچه بین ۵۱ درجه و ٤٤ دقیقه و ۵۱ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی واقع شده‌است (شکل ۱). مساحت آن ٤۳۰۰ هکتار و ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد ۸۲۰ متر است و حوزه آبریز آن ۲٦٦/۵ کیلومتر مربع است.

برای بررسی متغیرهای اقلیمی دریاچه پریشان از ایستگاه هواشناسی کازرون استفاده شد. بارش کازرون به‌طور متوسط حدود ٤٤۸ میلی‌متر است که از این مقدار ٤۸ درصد آن در زمستان می‌بارد؛ پاییز با ۳۵ درصد و بهار با ۱۷ درصد بارش سالانه در رتبه‌های بعدی قرار دارند و تابستان تقریباً بارش ندارد. در واقع می‌توان گفت در حال حاضر کازرون در نیمه سرد سال آب‌وهوای مرطوب و در نیمه گرم سال آب‌وهوای خشکی دارد. میانگین دمای سالانه منطقه ۲۳ درجه سلسیوس است که نشان‌دهندهٔ گرم بودن این منطقه است. دمای تیر با میانگین ۳۳/۸ درجه سلسیوس و دی‌ماه با میانگین ۱۱/۲ درجه سلسیوس گرم‌ترین و سردترین ماه هستند. در حالت کلی زمستان با میانگین ۱۳/٦ درجه سلسیوس و تابستان با ۳۲/۵ درجه سلسیوس گرم‌ترین و سردترین فصل‌های کازرون هستند. بر طبق نمودار آمبروترمیک دی، بهمن و آذرماه جزو ماه‌های مرطوب و سایر ماه‌ها خشک هستند (سایت هواشناسی استان فارس).

جهت برازش این داده و بازسازی دما از داده‌های گرده‌های فسیل مغزهٔ برداشت شده از دریاچه پریشان استفاده شد. این مغزه توسط دستگاه مغزه بردار روسی به طول ۸/۵ متر از این دریاچه برداشت شده و طول زمانی ٤۰±۱۰۹۸۰ سال را پوشش می‌دهد. در این نمونه ۳۳ گرده خشکی زی و ۲ گرده آبزی شناسایی شد. فراوان‌ترین گرده در این مغزه Chenopodiaceae است که ۳٦/۲۱٪ از کل گرده‌های مغزه را تشکیل می‌دهد. بعد از آن poaceae با ۲۹٪ و Quercus با ۱۲/٤٪ فراوان‌ترین گرده‌های این مغزه را تشکیل می‌دهند. علاوه بر بلوط گرده‌های درختان پسته، بادام و زیتون نیز در این مغزه وجود داشت و گرده‌های غیر درختی فراوان دیگر این مغزه شامل Apiaceae, Artemisia, Asteraceae و Centaurea solstitialis است (داودی، ۱۳۹۳).

نمودار گرده‌های فسیل دریاچه پریشان را از لحاظ ترکیب گرده‌ای می‌توان به ٦ زون تقسیم کرد (شکل ٤). در ابتدای این زون دمای سالانه در حدود دمای امروزی بوده است که افزایش دما بعد از دوره سرد یانگر درياس را نشان می‌دهد. در زون اول که به ۱۰۳٦۸ تا ۱۰۰۹۷ سال قبل بازمی گردد گونه‌های Chenopodiaceae، Artemisia و Asteracaeae گونه‌های غالب هستند که این ترکیب گرده‌ای ویژگی اقلیم با بارش ۳۰۰–۱۰۰ میلی‌متر (تاراسوف[1]، ۱۹۸۸) و دوره‌های گرم و خشک (کاپلن[2]، ۲۰۱۳) است که نشان از کم بودن بارش در اوایل هولوسن در منطقه دارد؛ کم بودن گونه‌های درختی در این زمان نیز کمبود بارش را تأیید می‌کند. بازسازی مقادیر دما و بارش نیز تأیید کننده هستند و مقدار بارش حدود ۳۹۰ میلی‌متر و دما حدود ۲۳ درجه سلسیوس بازسازی شده است (شکل ٤ و ۵).

1 Tarasov
2 Kaplan

زون بعدی که تا حدود ۸۰۰۰ سال قبل ادامه پیدا کرده است در ظاهر مشابه با زون قبل است اما وجود گرده‌های درختی (هر چند کم) در این زون قابل توجه بوده و نشان از افزایش بارش و شروع رشد درختان بوده است. چند نشانه در این زون قابل بحث است: ابتدا کاهش مقدار Chenopodiaceae و افزایش گونه Poaceae که نشان از افزایش بارش در نیمه گرم سال دارد؛ زیرا گندمیان تعرق زیادی داشته و سیستم ریشه‌ای پراکنده و سطحی دارند، بنابراین افزایش آنها نسبت به اسفناجیان نشان از افزایش بارش در نیمه گرم سال دارد (ال موسلیمانی[1]، ۱۹۸۷)؛ دوم گونه‌های Apiaceae و Centaurea همراه با Atermisia که از معرف‌های آب‌وهوای سرد در خاورمیانه هستند (ویک[2]، ۲۰۰۳) بیشترین فراوانی را در این زون دارند که نشان از سرد شدن این دوره نسبت به اوایل هولوسن را دارد و سوم افزایش تدریجی گرده‌های درختی است. مقادیر بازسازی نشان داد که دما در این دوره تا ۱۹ درجه سلسیوس کاهش داشته و بارش بیش از میانگین امروز بوده است و حتی گاهی تا ۷۵۰ میلی‌متر نیز افزایش داشته است. با توجه به افزایش قابل توجه بارش این زون انتظار وجود گرده‌های درختی بیشتری در آن وجود دارد؛ اما ذکر این نکته لازم است که می‌توان این زون را دوره گذر دانست. در واقع منطقه پس از عبور از دوره سرد چند هزار ساله یانگر درياس و از بین رفتن جنگل‌ها و سپس دوره گرم و خشک اوایل هولوسن برای تشکیل جنگل‌های انبوه به زمان نیاز دارد؛ اتفاقی که در اواخر این زون رخ داده است و میزان گرده‌های بلوط به حدود ۱۲٪ از کل گرده‌های موجود افزایش یافته است. البته این افزایش در سایر گونه‌های درختی رخ نداده است؛ زیرا گونه‌هایی همچون پسته و بادام جزو گیاهان کم گرده نمایان هستند (ال موسلیمانی، ۱۹۸۷) (شکل ٤ و ٥).

در زون بعدی که چیزی در حدود ٤۰۰ سال طول کشیده است دوباره کاهش گونه‌های درختی رخ داده است، به گونه‌ای که بادام حذف شده و مقدار گرده بلوط از ۱۲ به ٦ درصد کاهش پیدا کرده است؛ علاوه بر آن شاهد افزایش شدید گونه Chenopodiaceae و کاهش گونه Poaceae هستیم که نشان از کم شدن بارش در این زمان است. در این زمان دما تا حدود ۲۵ درجه سلسیوس افزایش یافته و بارش تا ۳۱٦ میلی‌متر کاهش داشته است. به نظر می‌رسد که افزایش ٦ درجه‌ای دما در این دوره باعث افزایش نیاز رطوبتی گیاهان شده و علاوه بر آن کاهش بارش، باعث عقب نشینی دوباره گونه‌های درختی شده است (شکل ٤ و ٥).

زون بعدی از ۷٦۰۰ تا ٥۸۰۰ سال قبل طول کشیده است که بارزترین ویژگی آن تشکیل جنگل‌های انبوه است به گونه‌ای که ۳٤ درصد از پوشش گیاهی این زون را درختان تشکیل می‌دهند که حدود ۲۸ درصد آن بلوط است. همچنان پسته ۲/۹، زیتون ۰/۸ و بادام ۲/۲ درصد از پوشش درختی را این زون تشکیل می‌دهند. در کنار افزایش گونه‌های درختی، گونه Chenopodiaceae کاهش داشته است و مقدار گونه Poaceae نسبت به زون قبل افزایش داشته است که همه اینها نشان از افزایش بارش در این زمان دارد. خروجی مدل نیز نشان دهندهٔ افزایش بارش تا ۷۰۰

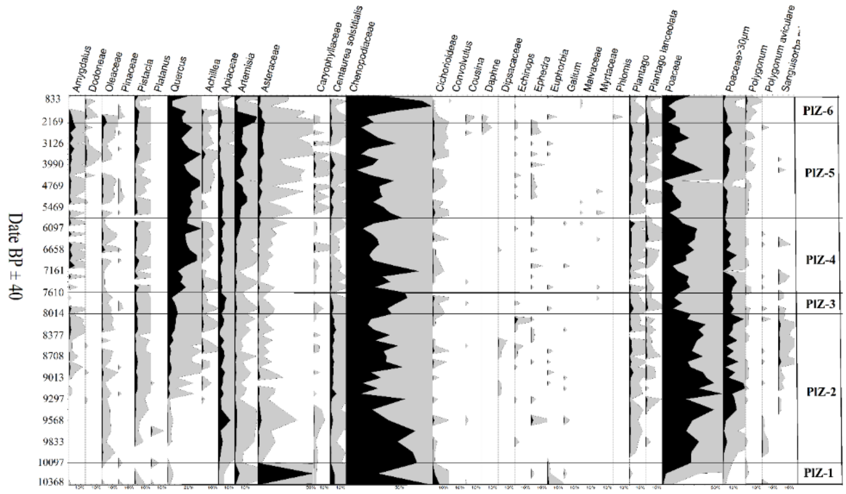
---

1 El-Moslimany
2 Wick

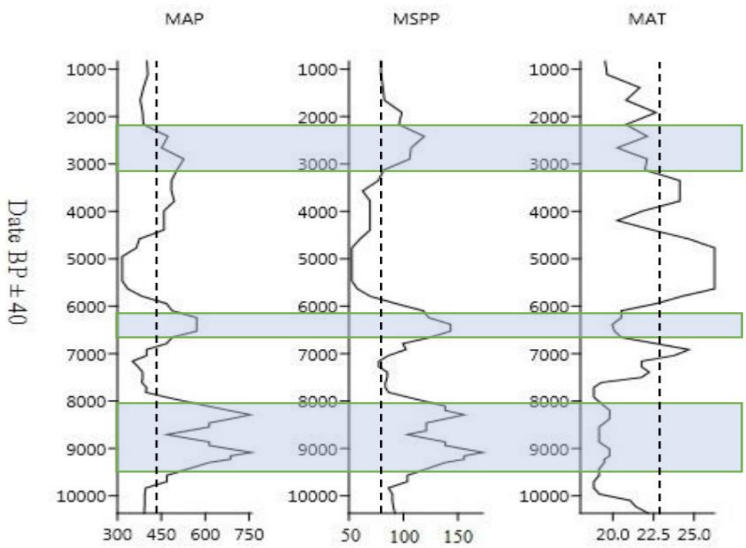
میلی‌متر اســـت. در این زون نیز مشـــابه با زون دوم کاهش دما همراه با افزایش بارش بوده اســـت و دما تا ۲۰ درجه سلسیوس کاهش یافته است. در اواخر هولوسن نیز دوباره کاهش دما تا ۲۰ درجه را داریم که با افزایش بارش تا ٦۰۰ میلی‌متر همراه است (سه ناحیه مشخص شده در شکل ۵) و به نظر می‌رسد که کاهش دما نه در اندازه یخبندان ولی کاهش ۷–۵ درجه‌ای دمای میانگین منطقه در افزایش رطوبت مؤثر است.

در زون پنجم گونه‌های درختی به خصـوص جنگل‌های بلوط به رشـد خود ادامه داده‌اند، ولی یک روند کاهشـی در گونه بلوط مشـاهده می‌شـود؛ به گونه‌ای که با وجود اوج ۳۱ درصـدی در ۳۸۰۰ سـال پیش در ۳۲۰۰ سـال پیش مقدار گرده بلوط به ۱۲ درصد کاهش یافته است. این اتفاق همراه با افزایش بادام بوده است و این گونه با ۲/۸ درصد بیشـترین مقدار را در کل مغزه در این زون دارد. در میان گرده‌های علفی Chenopodiaceae مشـابه زون قبلی اسـت ولی Artemisia و Asteraceae دوباره اوج گرفته و افزایش یافته‌اند. در اوایل این زون که ۵۸۰۰ تا ۲۲۰۰ سـال قبل را در بر می‌گیرد، دما به حدود ٢٦ درجه سلسیوس رسیده است که ۳ درجه بیشتر از میانگین امروز است و همراه با کاهش بارش تا حدود ۳۰۰ میلی‌متر بوده اسـت؛ اما در اواخر این زون کاهش دما به حدود ۲۱ درجه همراه با افزایش بارش تا ٦۰۰ میلی‌متر را شـاهد هسـتیم. ازاین‌رو نوسـانات زیاد بارش و دما باعث ایجاد حالت نوسـانی در پوشـش درختی به خصوص گونه بلوط شده است (شکل ٤ و ۵).

از ۲۲۰۰ ســال پیش به بعد دوباره شــاهد اوج گرفتن Chenopodiaceae هســتیم که در کنار مقادیر زیاد گرده Artemisia و Asteraceae نشانه‌هایی از کم شدن براش دارند به خصوص که همراه با کاهش محسوس گونه بلوط بوده اســت. نتایج مدل MAT نیز از کاهش بارش تا حدود ٤۰۰ میلی‌متر در این زون خبر می‌دهد. کمبود بلوط را گونه‌های درختی دیگر جبران کرده‌اند؛ به گونه‌ای که پســته و زیتون در این زون به حداکثر مقدار می‌رســند و پســته ۸/۵٪، زیتون ۲٪ و بادام ۲/۵٪ گونه‌های درختی این زون را تشـکیل می‌دهند که تأیید کنند کاهش رطوبت اسـت. اما یک تفاوت آشـکار بین این زون با کل زون‌های قبلی وجود دارد و آن هم عدم افزایش بارش با کاهش دما اسـت. در تمامی مغزه یک رابطه معکوس بین دما و بارش وجود داشــت (شــکل ۵) و کاهش دما همراه با افزایش قابل توجه بارش بوده است. در اوایل این زون دما حول و حوش میانگین امروز نوسان داشته و در اواخر آن به ۲۰ درجه کاهش یافته است ولی مقدار بارش کمی زیر میانگین امروز اسـت. ذکر این نکته ضروری اسـت که با توجه به خشـک شـدن دریاچه پریشـان در سـال‌های اخیر، رسـوبات سـطحی این دریاچه در معرض هوا قرار گرفته و حالت پفکی و ریزشـی داشـته اسـت. ازاین‌رو امکان اکسـیداسـیون گرده‌ها و وجود اشـتباه در نمونه‌های سـطحی این بخش طبیعی اسـت. این دلیل قطعی نبوده و فقط یک فرض محسوب می‌شود که مطالعات دقیق در آینده می‌تواند آن را تأیید یا رد کند.



شکل ٤- نمودار گرده فسیل دریاچه پریشان (داودی، ۱۳۹۳)



شکل ٥- متغیرهای اقلیمیِ بازسازی‌شده برای۱۰۳٦۸±٤۰ تا ۸۳۳±٤۰ سال اخیر براساس گرده‌های فسیل دریاچه پریشان در جنوب غرب ایران (برای هموار شدن نمودارها، از داده‌ها میانگین متحرک گرفته شده است). دمای میانگین سالانه به درجه سلسیوس (MAT)، بارش میانگین سالانه به میلی‌متر (MAP) و بارش میانگین فصل بهار به میلی‌متر (MSPP). خط‌چین‌های عمودی مقادیر میانگین داده‌های هواشناسی دوره کنونی در ایستگاه هواشناسی کازرون را نشان می‌دهد (نمودارها بر اساس مقادیر میانگین متحرک ترسیم شده‌اند).

۵-بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش بازسازی متغیرهای اقلیمی جنوب غرب ایران در دوره هولوسن بر اساس روش تکنیک «بارش گرده معاصر» بود. ازاین‌رو ابتدا ارتباط بین ترکیب گرده‌های معاصر و متغیرهای اقلیمی شناسایی شد.

بررسی متغیرهای دما نشان داد که سه متغیر محیطی دمای سالانه، دمای زمستان و دمای تابستان کاملاً در ارتباط با همدیگرند؛ زیرا در نمودارهای رج‌بندی زاویه بسیار کمی بین این متغیرها وجود دارد و تقریباً بر هم منطبق شده‌اند. متغیرهای دما نقش تعیین کننده‌ای در ترکیب گرده‌ای نمونه‌های جنگل‌های بلوط و حاشیه داخلی و خارجی جنگل‌های بلوط دارند. بارش فصل تابستان در جهت مخالف متغیرهای دما است و همبستگی منفی با این متغیرها دارد. نمونه‌های شمال‌غرب ایران (که از استپ‌های فلات ایران و حاشیه داخلی جنگل‌های بلوط برداشت شده است) با بارش تابستان هم‌راستا هستند که نشان از تأثیر بارش تابستانه بر پوشش گیاهی این منطقه است؛ درحالی‌که به خاطر بارش کم عرض‌های جنوبی‌تر در تابستان، این مؤلفه در پوشش گیاهی آن‌ها تأثیر چندانی ندارد. بی‌شک مؤلفه ارتفاع نیز با کاهش دما تأثیر زیادی بر پوشش گیاهی دارد؛ اما به خاطر برداشت نمونه‌های این پژوهش از عرض‌های پایین تا بالا و روند کاهشی دما در این راستا، در خروجی‌ها نقش ارتفاع کم‌رنگ جلوه داده شده است؛ درحالی‌که این‌گونه نیست.

در ادامه به بررسی ارتباط بین گرده‌ها و عناصر اقلیمی پرداخته شده و نوع واکنش آن‌ها به متغیرهای اقلیمی تعیین شد. برای نمونه نتایج نشان داد که دما بیشتر از بارش بر روی گرده‌ها تأثیر داشته است. گونه‌هایی مانند Quercus، Pistacia، Artemisia، Poaceae از هر دو عامل دما و بارش تقریباً به‌طور مساوی تأثیر پذیرفته‌اند. گونه‌هایی همانند Chenopodiaceae و Juniperus در شرایط خشک و گرم بهتر رشد می‌کند و گونه phlomis در شرایط زیستی سرد و خشک رشد بهتری دارد.

پیاده‌سازی نتایج تحلیل بارش گرده‌ای معاصر بر روی گرده‌های فسیل دریاچه پریشان نشان داد که از حدود ۱۰ هزار سال قبل در جنوب غرب ایران دما و بارش دارای نوسانات زیادی بوده‌اند. در این زمان بارش بین ۳۱۶ تا ۷۵۰ میلی‌متر نوسان داشته است که در سه مقطع زمانی ۹۵۰۰–۸۰۰۰، ۶۸۰۰–۶۲۰۰ و ۴۵۰۰–۲۲۰۰ سه دوره پر بارش در جنوب غرب ایران بوده است. در تمامی این سه دوره بارش بیش از میانگین امروز بوده است و حداقل بارش ۵۵۰ و حداکثر ۷۵۰ میلی‌متر بوده است. در تمامی دوره‌های با افزایش بارش دما نیز کاهش داشته است و رابطه معکوس قوی بین آن‌ها وجود دارد و هرقدر میزان کاهش دما بیشتر بوده میزان افزایش بارش نیز بیشتر بوده است. کاهش دما در هولوسن حداقل تا ۱۹ درجه سلسیوس رخ داده و حداکثر نیز تا ۲۶ درجه افزایش داشته است. افزایش دما که مصادف با کاهش میزان بارش نیز هستند در سه دوره رخ داده که شامل اوایل هولوسن تا ۹۵۰۰ سال پیش، ۸۰۰۰–۶۸۰۰ سال قبل، ۶۲۰۰–۴۵۰۰ سال قبل است.

جنوب غرب ایران دارای میانگین دمای بالا است و در مواقع زیادی از سال تحت سیطره پرفشارهای جنب حاره است. به نظر می‌رسد که کاهش ۵ تا ۷ درجه‌ای دما در این منطقه می‌تواند تا حدودی حرکت شمال سوی این پرفشار را کند کرده و باعث افزایش بارش‌های این منطقه شود.

کتابنامه

داودی، محمود؛ ۱۳۹۳. *مقایسه اقلیم مناطق شمالی و جنوبیِ نیمه غربی ایران در دوره هولوسن نمونه موردی: دریاچه پریشان، تالاب هشیلان و دریاچه نئور*. رساله دکتری. دانشگاه تهران. دانشکده جغرافیا. استاد راهنما قاسم عزیزی. ۲۲٦. https://noordoc.ir/thesis/60163

داودی، محمود، عزیزی، قاسم، مظفریان، ولی‌الله، صفایی راد، رضا، سلمانی، داود؛ ۱۳۹٤. گرده‌های فسیل دریاچه پریشان از دیدگاه آب و هواشناسی دیرینه. *فصلنامه کواترنری ایران*. دوره ۱. شماره ۳. ۲۸۰-۲٦٥. http://journal.iranqua.ir/article-1-41-fa.html

داودی، محمود، عزیزی، قاسم، مقصودی، مهران؛ ۱۳۹۳. بازسازی تغییرات آب‌وهوایی هولوسن در زاگرس جنوبی: شواهد گرده‌شناسی و زغال در رسوبات دریاچه پریشان. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال سوم. شماره ۱. ٦٥-۷۹. http://www.geomorphologyjournal.ir/article_77941.html

سایت اطلس گرده‌ای آریزونا http:// www .geo.arizona .edu /palynology /polondc1. html

سایت اطلس گرده و هاگ استرالیا http://apsa.anu.edu.au

سایت اطلس گرده‌های سان‌فرانسیسکو
http://oldweb.geog.berkeley.Edu /ProjectsResources /PollenKey/byFamiliesAll-in-1.html# Typhaceae

سبک خیز، فاطمه، سیف، عبدالله، رامشت، محمدحسین، جمالی، مرتضی؛ ۱۳۹۸. بازسازی تغییرات اقلیمی دریاچه مهارلو از هولوسن تا عهد حاضر با تأکید بر ردیابی دوره‌های گرم و سرد. *فصلنامه کواترنری ایران*. دوره ۵. شماره ۲. ۱٤۳-۱٦۱. http://journal.iranqua.ir/article-1-380-fa.html

شفیعی، مریم، رائینی سرجاز، محمود، غالمی سفیدکوهی، محمدعلی؛ ۱۳۹٥. بررسی اثر برداشت آب از چاه‌های بهره‌برداری پیرامون دریاچه پریشان بر افت تراز آب سطحی و زیرزمینی. *پژوهش‌های محیطزیست*. سال ۷. شماره ۱٤. ۲۳۷-۲٤۸. http://www.iraneiap.ir/article_45248.html

صالحی، علیرضا، شبیری، سید امیدرضا، میرزایی قره لر، محمدرضا؛ ۱۳۹۳. ارزیابی چالش‌های اجرای طرح‌های جنگل‌کاری و غنی‌سازی جنگل از دیدگاه کارشناسان در منطقه بویر احمد. چهارمین کنگره علوم ترویج و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایران. شهریور ۱۳۹۳. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. https://www.sid.ir/paper/845512/fa

صـفایی راد، رضـا، عزیزی، قاسـم، مقصـودی، مهران؛ ۱۳۹۷. نقش تغییرات سـامانه‌های بزرگ‌مقیاس جوی در تکوین آب‌وهوای پلیئسـتوسـن پسـین و هولوسـن در زاگرس. *فصـلنامه کواترنری ایران*. دوره ٤. شـماره ۳. ۲۷۱-۲۵۳. https://journal.iranqua.ir/article-1-316-fa.html

عزیزی، قاسـم، اکبری، طیبه، هاشـمی، حسـین، یمانی، مجتبی، مقصـودی، مهران، عباسـی جغناب، علی؛ ۱۳۹۲. تحلیل پالینولوژیکی رسـوبات دریاچه نئور به‌منظور بازسـازی فازهای رطوبتی دیرینه دریاچه نئور در اواخر پلئیسـتوسـن و اوایل هولوسن. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. سال ٤٥. شماره ۱. ۲۰-۱.
https://jphgr.ut.ac.ir/mobile/article_30432.html

عزیزی، قاسم، داودی، محمود؛ ۱۳۹۸. تغییرات اقلیمی ایران در دوره هولوسن. فصلنامه کواترنری ایران. دوره ۵. شماره ۱. ۲۵-۱. https://journal.iranqua.ir/article-1-352-fa.html

قربانی، محمد صـدیق؛ ۱۳۹٦. تحولات محیطی در کواترنر پایانی و منشـأ دوره‌های بارانی ایران. *فصـلنامه کواترنری ایران*. دوره ۳. شماره ۲. ۱۸۹-۱۷۵. https://journal.iranqua.ir/article-1-160-fa.html

مرادی مقدم، محمدامین؛ ۱۳۹۹. *واکاوی توزیع گرده‌های معاصـر برای بازسـازی کمی آب‌وهوای دیرینه در منطقه زاگرس*. رساله دکتری. دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران. قاسم عزیزی و احمدرضا محرابیان.
https://geography.ut.ac.ir/

مرادی‌مقدم، محمدامین ، عزیزی، قاسـم، محرابیان، احمدرضـا، خوش‌اخلاق، فرامرز، شـمسـی‌پور، علی‌اکبر؛ ۱۳۹۹. بازسازی کمّی آب‌وهوای گذشته بر اساس تعمیم روابط اقلیم ــــ گردهٔ معاصر به روش MAT. *فصلنامه کواترنری ایران*. دوره ٦. شماره ۱. ۲۲-۱.
https://journal.iranqua.ir/browse.php?a_id=441&sid=1&slc_lang=fa

نظری پور، حمید، دوسـتکامیان، مهدی، اسـدی، آرزو، بیات، علی؛ ۱۳۹۳. ناحیه بندی جنوب و جنوب غرب ایران با رویکرد برنامـه‌ریزی منطقـه‌ای. *فصـلنامـه برنـامـه‌ریزی منطقـه‌ای*. سـال چهارم. شـمـاره ۱۵. ۱۳۲-۱۱۹. https://jzpm.marvdasht.iau.ir/article_584.html

Andrews, J.E., S.A.Carolin, E.N.Peckover, A.Marca, S.Al-Omari, P.J.Rowe., 2020. Holocene stable isotope record of insolation and rapid climate change in a stalagmite from the Zagros of Iran, Quaternary Science Reviews, Volume 241, 106433. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106433

Bartlein, P. J., Harrison, S. P., Brewer, S., Connor, S., Davis, B. A. S., Gajewski, K., Guiot, J., Harrison-Prentice, T. I., Henderson, A., Peyron, O., Prentice, I. C., Scholze, M., Seppa, H., Shuman, B., Sugita, S., Thompson, R. S., Viau, A. E., Williams, J., Wu, H., 2011. "Pollen-based continental climate reconstructions at 6 and 21 ka: a global synthesis", Clim Dyn, 37, 775–802. https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-010-0904-1

Cheng Zhongjing, Chengyu Weng, Swee YeokFoong, Lu Dai., 2020. A study on modern pollen rain and pollen morphology in the tropical western Malay Peninsula and its implications for paleoenvironmental reconstructions in the Sunda region, Review of Palaeobotany and Palynology Volume 279, 104236. https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2020.104236

Demske. Dieter, Pavel E. Tarasov, Takeshi Nakagawa, Suigetsu., 2013. Atlas of pollen, spores and further non-pollen palynomorphs recorded in the glacial-interglacial late Quaternary

sediments of Lake Suigetsu, central Japan, Quaternary International 290-29, pp 164-238. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.02.002
El-Moslimany, A.P., 1987. The late Pleistocene climates of the Lake Zeribar region (Kurdistan, western Iran) deduced from the ecology and pollen production of non- arboreal vegetation, vegetation 72, p. 131-139.https://link.springer.com/article/10.1007/BF00039834
ERRAZO M, BAUERMANN SG, LEIPNITZ II., 2008. Palinomorfos nao polinicos provenientes de depositos quartenarios do delta do rio Doce, Espirito Santo, Brasil. Parte 1. Journal of Geoscience 4(2): 78-87. https://DOI:10.4013/gaea.20082.04
Faegri, K. & Iverson, J., 1975. Textbook of Pollen Analysis, Hafner Press, 295 pp. New York. https://doi.org/10.1002/jqs.3390050310
GOMES Bianca T, CORREA Angella MS, BRUNELLI Erika S, BITENCOURT Ana LV., 2021. Modern pollen rain analysis from Itapua State Park (Parque Estadual Itapua), RS, Brazil. An Acad Bras Cienc 93:1, e20200392. https://DOI:10.1590/0001376520212020392.
Hesse. Michael, Heidemarie. Halbritter, Reinhard. Zetter, Martina. Weber, Ralf. Buchner, Andrea. Frosch-Radivo, Silvia. Ulrich., 2009. Pollen Terminology An illustrated handbook, SpringerWienNewYork, 90.https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-211-79894-2
Houyuan Lu, Naiqin Wu, Kam-biu Liu, Liping Zhu, Xiangdong Yang, Tandong Yao, Quan Li, Xingqi Liu, Caiming Shen, Xiaoqiang Li, Guobang Tong, Hui Jiang, Luo Wang., 2011. Modern pollen distributions in Qinghai-Tibetan Plateau and the development of transfer functions for reconstructing Holocene environmental changes, Quaternary Science Reviews, 30, 947-966. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.01.008
Jiang, W., Guiot, J., Chu, G., Wu, H., Yuan, B., Hatté, C., Guo, Z., 2010. An improved methodology of the modern analog's technique for palaeoclimate reconstruction in arid and semi-arid regions. Boreas 39, 145-153.
Jones, Matthew, Morteza Djamali, Lora Stevens, Vanessa Heyvaert, Hajar Askari, Dariush Noorollahi, Lloyd Weeks., 2013. Mid Holocene environmental and climatic change in Iran, Environment, ecology, landscape and subsistence, 25-34, In book: Ancient Iran and its neighbours: Local developments and long-range interactions in the 4th Millennium BC. Edition: British Institute for Persian Studies Series, Chapter: 1, Publisher: Oxbow books, Editors: Petrie C.A.
https://www.researchgate.net/publication/255979111_Mid_Holocene_environmental_and_climatic_change_in_Iran
Kaplan, Güldem., 2013. Palynological analysis of the Late Pleistocene terrace deposits of Lake Van, eastern Turkey: Reconstruction of paleovegetation and paleoclimate, Quaternary International 292, 168-175. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.10.046
Kehl, Martin., 2009. Quaternary climate change in Iran– the state of knowledge, Erdkunde, vol 63. No1, pp 1-17. https://DOI:10.3112/erdkunde.2009.01.01
Moore. P. D, Webb. J. A. and Collinson. M. E., 1991. Pollen Analysis, Second Edition. Blackwell Scientific Publications, Osney Mead, Oxford, OX2 0EL, England, U.Khttp://lib.modares.ac.ir/dL/search/default.aspx?Term=2283&Field=0&DTC=2
Roubik. David Ward., 2003. Pollen and Spores of Barro Colorado Island, La Ciudad de Panam, marzo, 101. https://DOI:10.2307/4110734
Schmidt, Armin, Mark Quigley, Morteza Fattahi, Ghasem Azizi, Mehran Maghsoudi, Hassan Fazeli., 2010. Holocene settlement shifts and palaeoenvironments on the Central Iranian Plateau: investigating linked systems, The Holocene 21(4) 583-595.
https://doi.org/10.1177/0959683610385961

Shen, Caiming, Kam-biuLiu, LingyuTang, Jonathan T.Overpeck., 2006. Quantitative relationships between modern pollen rain and climate in the Tibetan Plateau, Review of Palaeobotany and Palynology, Volume 140, Issues 1–2, 61-77. https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2006.03.001

Talebi, Taravat, Elias Ramezani, Morteza, Djamali, Hamid Alizadeh Ketek Lahijani, Alireza Naqinezhad, Kamaleddin Alizadeh, Valérie Andrieu-Ponel., 2016. The Late-Holocene climate change, vegetation dynamics, lake-level changes and anthropogenic impacts in the Lake Urmia region, NW Iran, Quaternary International, Volume 408, Part A, 40-5. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.070

Tarasov, pavel E, Rachid cheddadi, Joel guiot, Sytze bottema, Odile peyron, Jordina belmonte, Vitoria ruiz-sanchez, Fatima saadi, Simon brewer., 1998. A method to determine warm and cool steppe biomes from pollen data; application to the Mediterranean and Kazakhstan regions, journal of quaternary science, 13 (4) 335-344.https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1417

Theron, Roberto., 2006. Visual Knowledge Discovery in Paleoclimatology with Parallel Coordinate, Lecture Notes in Computer Science, Vol 4265, pp.368-372. https://link.springer.com/chapter/10.1007/11893318_44

Vafadar. Mahnaz, Attar. Farideh, Maroofi. Hosein, Mirtadzadini. Mansur., 2010. Pollen morphology of Amygdalus L. (Rosaceae) in Iran, Acta societatis botanicorum poloniae, vol 79, no 1, 63-71. https://DOI:10.5586/asbp.2010.009

Wick, Lucia, Gerry, Lemcke, Michael, Sturm., 2003. Evidence of Lateglacial and Holocene climatic change and human impact in eastern Anatolia: high – resolution pollen, charcoal, isotope and geochemical records from the laminated sediments of Lake Van, Turkey, the Holocene 13, 5. 665-675. https://doi.org/10.1191/0959683603hl653rp

Wright, H.E. Jr., McAndrews, J.H., & Van Zeist, W., 1967. “Modern Pollen Rain in Western Iran, and Its Relation to Plant Geography and Quaternary Vegetational History”, Journal of Ecology, Vol. 55, No. 2, pp. 415-443.

Zhang, E.L., Jones, R., Bedford, A., Langdon, P., Tang, H.G., 2007. A Chironomid-based salinity inference model from lakes on the Tibetan Plateau. Journal of Paleolimnology 38, 477-491. https://DOI:10.1007/s10933-006-9080-z

Zohary, M., 1973. Geobotanical Foundations of the Middle East. 2 volumes. Gustav Fischer Verlag. https://www.worldcat.org/title/geobotanical-foundations-of-the-middle-east/oclc/641510